

■ ABSTRACT OF JAPANESE EXAMINED PATENT GAZETTE No. 35-6030

A vibration velocity sensor for an electroacoustic transducer has a driving oscillator (1), a transducer (2, 8) and an electric circuit therebetween that includes:

- (i) an artificial load coil (3), a transformer (4) and a terminal (5) as shown Fig. 1;
- (ii) an artificial load coil (3), condensers (6, 7) and a terminal (5) as shown in Fig. 2; or
- (iii) an artificial load (9), transformers (10, 11) and an electric current meter (12) as shown in Fig. 3.

The electric circuit is adjusted to counterbalance damping impedance or damping admittance of the electroacoustic transducer, so that voltage or current proportional to vibration velocity of a vibrator of the transducer (2) can be separately obtained.

公告 昭 35.5.30 出願 昭 31.7.5 特願 昭 31-17453

発 明 者 奥 吉 純 一 東京都目黒区大岡山1 東京工業大学内  
出 願 人 東京工業大学長

(全3頁)

## 電気音響変換器の振動速度監視計測装置

## 図 面 の 略 解

第1図、第2図は磁歪型あるいは動電型の変換器に対して本発明を適用する場合の回路図の例、第3図は電歪型あるいは圧電型の変換器に適用した例、第4図は本発明を用いて帰還発振を行つて発振周波数を変換器の共振周波数に常に一致させるようにした発振装置の原理図である。

## 発明の詳細なる説明

高周波の機械的振動によつて物体を加工し、あるいは音波、超音波を発生する目的で、電気音響変換器を真空管発振器などによつて駆動する装置において、使用中に振動の速度又は変位を監視又は計測し得れば実用上便利であることが多い。例えば加工装置について、加工中に同調が外れて工具の振動が弱まつた場合これによつて同調の調整を行い得る。又変換器の駆動電流を一定にしても工具の振動の強さは被加工物の種類と工具の大きさ、静的加工圧力などによつて異なるものであるから、この種の監視方法があれば常に指定された最適の振動速度を保持するように発振装置を調整することができる。

又この種の目的の装置では、能率を良くするため変換器の機械的共振周波数を使用周波数に一致させ、その共振をかなり鋭くすることが多い。従つて温度上昇などによる共振周波数の変化、あるいは電源電圧の変化などによる発振周波数の変化のため同調が外れることは起り勝ちで、それを手動で調整するのは実用上かなり面倒である。本発明の方法によれば振動体の振動速度に比例する電圧を取出し得るので、発振器を増幅器にしておいてその入力部にこの電圧を帰還して発振させる方式を採用すれば、発振周波数は機械的共振周波数によつて制御されるので、安定確実に共振状態を常に保持することができる。

これらの目的のために変換器に振動ピックアップ用の別のコイル又は電極を附加する方法は公知であるが、本発明を応用すれば変換器の構造を複雑化することなしに目的を達することができる。

本発明の要領は第1～3図に例示するように、発振器と変換器との間に適当な電気回路を挿入して、変換器の振動体の振動速度に比例する電圧、又は電流だけを分離して取出すことにある。

次に本発明の原理を磁歪型及び動電型変換器の場合について説明する。これらの変換器の駆動コイルの端子電圧をE、電流をI、振動体のある一点(機械端子)の速度をVとすれば、電気音響変換理論の基本式は

$$E = Z_d I + AV \quad (1)$$

$$V = AI/z \quad (2)$$

である。ここで $Z_d$ は機械端子が振動しないように制動し

たときの電気端子から測つたコイルのインピーダンスすなわち制動インピーダンス、 $z$ は機械端子の機械インピーダンス、 $A$ は力係数である。

(2)は電流による駆動力は $AI$ であつて電流に比例し、その比例係数は $A$ であり、それによる振動速度 $V$ は駆動力を機械インピーダンスで割つたものであることを示す。

(1)は振動状態にある時の端子電圧は制動状態のインピーダンス $Z_d$ による反抗起電力とその時の振動速度に比例する誘起電圧 $AV$ との和であることを示す。この逆変換の係数はやはり力係数 $A$ に等しい。

(2)を(1)に代入すれば

$$E = \left( Z_d + \frac{A^2}{z} \right) I = (Z_d + Z_m) I = Z_f I \quad (3)$$

ここで、 $Z_m \equiv A^2/z$ ,  $Z_f \equiv Z_d + Z_m$ ,  $AV \equiv Z_m I$  (4)

すなわち、振動状態では電気端子のインピーダンス $Z_f$ は $Z_d$ とは異なり、 $Z_m$ なる動インピーダンスが直列に加わつて見ることが出来る。そして振動の反作用によつて生ずる電圧 $AV$ は、動インピーダンスによる反抗起電力 $Z_m I$ であると考えられる。

次に反作用による電圧 $AV$ の周波数による変化を考える。機械端子の機械インピーダンス $z$ は、共振周波数を含むかなり広い周波数範囲内では

$$z = r + j(\omega m - s/\omega) \quad (5)$$

と表わすことができる。ここで $\omega$ は周波数の $2\pi$ 倍、 $r$ は機械抵抗、 $m$ は実数質量、 $s$ は実数ステイフネスであつて、共振周波数では虚数部が丁度打消し合つて零となり、 $z$ の絶対値は最小となる。従つて電流 $I$ を一定に保つて周波数を変化させれば、速度あるいはそれに比例する反作用の電圧は共振周波数で最大となり、周波数が共振から離れるに従つて小さくなる。なお力係数 $A$ は限られた周波数範囲では一定値である。

第1図は本発明を磁歪型又は動電型変換器で具体化した例で、1は駆動用発振器、2は変換器であつて、その間に破線で囲まれた回路が挿入されている。3は擬似負荷コイルであつて変換器に直列に結ばれ、そのインピーダンスの絶対値は変換器の制動インピーダンスの $1/p$ に、その位相角は $Z_d$ のそれに等しくしてある。この擬似負荷の電圧降下 $Z_d I/p$ を変圧器4によつて $p$ 倍上げ、変換器の端子電圧に差動直列にして端子5に導いてあるので、その電圧 $E'$ は

$$E' = Z_d I + AV - \frac{Z_d I}{p} p = AV \quad (6)$$

となり、速度に比例する電圧だけを取り出し得る。なお変圧器の1次側のインピーダンスは擬似負荷のインピーダン

スより大きくしておく。Aは共振周波数を含むある周波数範囲では一定値を有するから、E'を電圧計などで指示させれば実用状態における速度を直読することができる。又変位振幅は  $V/\omega$  であるが極めて狭い周波数範囲内ではE'は変位振幅を指示すると解してもよい。なお擬似コイルにおける電力損失を少なくするためにPは5~20程度に選ぶとよい。又  $Z_d$  は振動の影響を受けない単なる損失のあるコイルのインピーダンスであるから、擬似負荷は適当な磁心を持つコイルと抵抗とによつて実現することは容易である。

第2図は第1図の変形であつて、変圧器の代りに無損失のインピーダンス(蓄電器)6及び7を用いてブリッジ回路を構成したものである。擬似負荷のインピーダンスは第1図と同じく  $Z_d/p$  とし、6及び7のインピーダンス  $Z_6, Z_7$  は  $Z_6 = Z_7/p$  となるようにすれば、変換器が制動された状態ではそのインピーダンスは  $Z_d$  であるからブリッジは平衡して端子5には電圧は現われない。しかし振動状態では端子5に開放電圧  $AV/(p+1)$  が現われることが証明できる。すなわち第1図の回路に比べると出力電圧は小さいが、変圧器を用いることなしに振動速度に比例する電圧を分離して取り出すことができる。

第3図はチタン酸バリウム磁器又はロッシェル塩などを用いた電歪型又は圧電型の変換器について実施する場合の例であつて、1は発振器、8は変換器である。これらの変換器の基本式は、変換器の駆動端子電圧をE、電流をI、機械端子の速度をVとすれば、

$$I = Y_d E + AV \quad (7)$$

$$V = AE/z \quad (8)$$

であつて、 $Y_d$  は機械端子を制動したときのアドミッタンス、Aは力係数、zは機械端子の機械インピーダンスである。(8)は駆動力が端子電圧Eに比例し、速度Vは駆動力AEをzで割つたものであることを示し、(7)は振動状態の流入電流は、制動時の流入電流  $Y_d E$  と振動速度に比例する電流AVとの和であることを示す。(8)を(7)に代入すれば

$$I = Y_d E + \frac{A^2}{z} E = (Y_d + Y_m) E = Y_f E \quad (9)$$

$$Y_m \equiv A^2/z, Y_f \equiv Y_d + Y_m, AV \equiv Y_m E \quad (10)$$

すなわち、振動状態でのアドミッタンス  $Y_f$  は制動アドミッタンス  $Y_d$  に動アドミッタンス  $Y_m$  が加わつたものとなり、速度に比例する電流は  $Y_m E$  である。

第3図において、9はそのアドミッタンスが  $Y_d/p$  である擬似負荷であつて、変換器8とは並列に結ばれ、変圧器(変流器)10及び11によつて変換器を流れる電流  $I = Y_d E + AV$  と擬似負荷を流れる電流  $I' = Y_d E/p$  のP倍との差に比例する電流を取出すのである。この差電流はAVだけとなるから、これを電流計12などで指示させれば振動速度を直読することができる。なお各変流器の1次側から

見たインピーダンスは充分小さくして、その電圧降下はEに比べて無視し得るようにする。

第4図は発振周波数の自動追尾に本発明の応用した例であつて、電力増幅器13の出力端子と変換器2との間に第1図の回路を挿入し、変換器の振動速度に比例する電圧だけを取り出して増幅器入力に正帰還して発振させるものである。振動速度は機械的共振周波数に近い周波数で大きくなるから、増幅度を適当に定めておけば共振周波数附近の周波数では発振可能であるが、遠く離れた周波数では発振不可能にすることができる。

発振周波数は一般に、増幅帰還ループを一循環する間の位相角推移が丁度零か  $2\pi$  の整数倍になるような周波数である。この場合は変換器の機械的共振が鋭いため、位相推移は主として機械的共振によつて支配され、その周波数特性は共振周波数附近で急激に変化するので、増幅部の位相推移に多少の変化があつても発振周波数はほとんど変化しないで、機械的共振周波数の極めて近くに保持される。機械的共振周波数が変化した場合にも位相推移の急変する周波数はやはり共振周波数附近であるので、発振周波数はそれを追尾し、常に共振状態に保持される。

なお帰還発振をさせる場合には、擬似負荷のインピーダンスを  $Z_d/p$  に合わせるといふ条件をかなり広い周波数範囲で満足させなければ、目的とする共振以外の別の共振周波数でも発振する可能性がある。これを防ぐためには、増幅回路にも鈍い同調特性を持たせて目的の周波数から離れた周波数の利得を下げればよい。またその同調周波数を調整することによつて増幅回路の位相推移を変化させ得るから発振周波数の微動調整を行うこととなり、発振周波数を機械的共振周波数に正確に一致させることができる。

#### 特 許 請 求 の 範 囲

本文に詳記し図面に示した如く、電気音響変換器を用いて高周波機械振動あるいは単一周波数の音波、超音波を発生する装置において、使用周波数に機械的に共振する電気音響変換器の駆動用電気端子と高周波電源との間に、電気音響変換器の制動インピーダンスまたは制動アドミッタンスに対して平衡した差動変圧器回路またはブリッジ回路を挿入することにより、変換器の機械振動速度に正比例する電圧または電流を分離して取出す装置。

#### 附 記

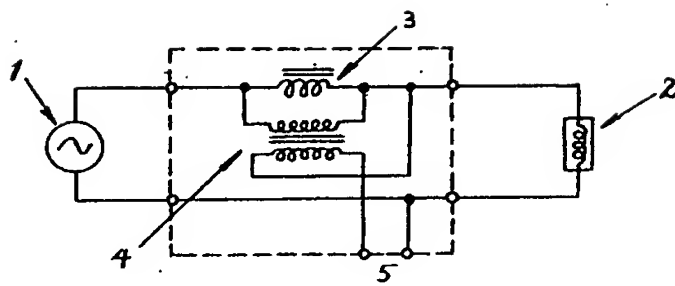
- 1 磁歪型又は動電型の変換器に対してその駆動用電気端子の制動インピーダンスと位相角の等しいインピーダンスを持つ擬似負荷を含む差動変圧器回路またはブリッジ回路を使用する特許請求の範囲記載の装置。
- 2 電歪型又は圧電型の変換器に対して、その駆動用電気端子の制動アドミッタンスと位相角の等しいアドミッタンスを持つ擬似負荷を含む差動変圧器回路又はブリッジ回路を使用する特許請求の範囲記載の装置。

(3)

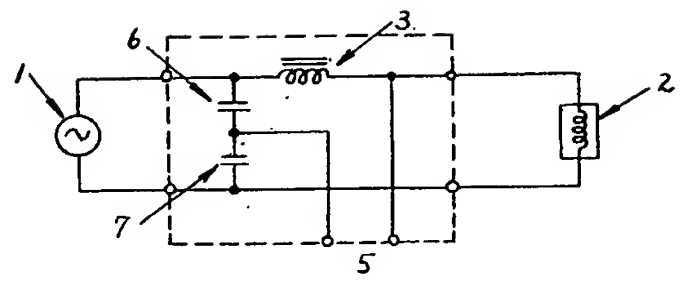
(3)

特 公 昭35—6030

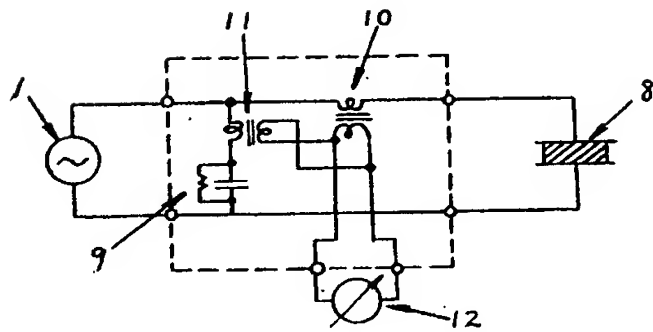
第1図



第2図



第3図



第4図

